

Santhu Postareff

## **SÄHKÖSUUNNITTELU JA TIETOMALLINNUS**

# **SÄHKÖSUUNNITTELU JA TIETOMALLINNUS**

Santtu Postareff  
Opinnäytetyö  
Kevät 2018  
Sähkötekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Sähkötekniikan tutkinto-ohjelma, sähkötekniikka

---

Tekijä: Santtu Postareff  
Opinnäytetyön nimi: Sähkösuunnittelu ja tietomallinnus  
Työn ohjaaja: Ensio Sieppi  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2018  
Sivumäärä: 37 + 3 liitettä

---

Työn aiheena oli Oulun Lipporantaan rakennettavan 15-kerroksisen asuinkerrostalon sähkösuunnittelu ja tietomallinnus toteutettuna MagiCAD-ohjelmalla. Tavoitteena oli perehtyä nykyaikaiseen suunnitteluun ja siten saada työtilaajalle tietoa suunnittelun tulevaisuuden haasteista ja tarpeista.

Suunnittelu toteutettiin AutoCAD-pohjaisella MagiCAD-ohjelmalla, joka antaa mahdollisuuden tietomallien rakentamiseen suunnitelmista. Lisäksi työssä käytettiin aktiivisesti hyväksi ST-kortiston tarjoamaa materiaalia suunnittelun tueksi. Työ pyrittiin toteuttamaan arkkitehdin ja LVI-suunnittelijan kanssa samaan tahtiin, jotta tietomallit ja suunnitelmat olisivat ajantasaiset suunnittelun kaikkien osapuolien kanssa.

Työn tuloksina saatiin toimivat suunnitelmat sekä tärkeää tietoa työtilaajalle nykyaikaisesta suunnittelusta. Työn aikana kuitenkin huomattiin, että tietomallinamiseen liittyy vielä paljon haasteita ennen kuin sitä pystytään täysin hyödyntämään rakentamisessa. Suureen rooliin nousi myös suunnittelussa tapahtuva muutos, joka vaatii suunnittelijalta entistä laajempaa tietoteknistä osaamista.

---

Asiasanat: tietomalli, sähkösuunnittelu, MagiCAD

# ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Bachelor's degree in electrical engineering

---

Author: Santtu Postareff  
Title of thesis: Electrical Designing and Building Information Modeling  
Supervisor: Ensio Sieppi  
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2018  
Pages: 37 + 3 appendices

---

The subject of the thesis was the electrical designing and building information modelling of a 15-storey apartment building to be built in Oulu Lipporanta. The design was made using MagiCAD-planning software. The object of the thesis was to get acquainted with modern designing and to collect information for the commissioner about the future challenges and needs of designing.

The design was executed using AutoCAD based MagiCAD software, which provides the opportunity to draw building information models from the electrical blueprints. In addition, the ST card material was used to support designing. The aim was to work at the same pace with the architect and HVAC designer in order to make building information models and plans up-to-date.

The work resulted in functional blueprints and getting important information for the commissioner about modern designing. During the work, however, it was noticed that there are still a lot of challenges in building information modeling before it can be fully utilized in construction. It was also noticed that designer must expand his IT skills to meet the needs of the future.

---

Keywords: Building information modelling, Electrical designing, MagiCAD

## **ALKULAUSE**

Haluan kiittää Sähköveikot Oy:tä antamastanne mahdollisuudesta tehdä opinnäytetyöni teidän yritykseen. Haluan myös kiittää ohjaajaani Ensio Sieppiä antamastaan ohjeistuksesta sekä joustavuudesta opinnäytetyöni suhteen.

Tekemäni työ antoi tärkeitä työkaluja tulevaisuuden työtehtäviin sekä tarjosi valtavaa oppia myös mahdollisen oman yrityksen suunnittelutehtäviin. Työn sisältämän tiedonhaun koin työn aikana opettavaisena ja se sai minut ymmärtämään sähköisen talotekniikan järjestelmiä entistä paremmin.

Sanntu Postareff

Oulussa 9.4.2018

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
SANASTO	8
1 JOHDANTO	9
2 MAGICAD JA TIETOMALLINNUS	10
2.1 Tietomallien käyttö rakentamisen eri vaiheissa	11
2.1.1 Suunnitteluvaihe	11
2.1.2 Rakennusvaihe	13
2.1.3 Käyttö ja kunnossapito	13
2.2 MagiCAD-ohjelmiston käyttö sähkösuunnittelussa	14
2.2.1 MagiCAD Electrical	14
2.2.2 MagiCAD Circuit Designer	15
3 SUUNNITTELUN VAIHEET	17
3.1 Tarveselvitys	17
3.2 Hankesuunnittelu	17
3.3 Ehdotussuunnittelu	17
3.4 Toteutussuunnittelu	18
3.5 Rakentamis- ja käyttöönottovaihe sekä takuu aika	18
4 SÄHKÖJÄRJESTELMIEN MITOITUS JA SUUNNITTELU	20
4.1 Liittymän mitoittaminen	20
4.2 Järjestelmien suunnittelu	21
4.2.1 Yleiset tilat ja piha-alueet	21
4.2.2 Asuinhuoneistot	23
4.2.3 Muut järjestelmät	27
4.3 Kaavioiden laatiminen	29
5 YHDISTELMÄMALLI JA YHTEENSOVITUS	30
5.1 IFC-mallin luominen	32
5.2 Yhteistyö muiden suunnitteluosapuolien kanssa	33
6 POHDINTA	35

LÄHTEET	36
LIITTEET	38

## SANASTO

Tietomalli	Rakennuksen tietomalli on rakennuksen ja rakennusprosessin koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus digitaalisessa muodossa (1, s. 4).
IFC	Industry Foundation Classes. Kansainvälinen tiedonsiirtostandardi rakentamisen ja kiinteistönpidon tuotetietojen tiedonsiirtoon ja yhteiskäyttöön. IFC määrittelee tietokonesovellusten tiedonsiirron yhteensopivuuden perustan. IFC:n osajoukko on hyväksytty ISO:n standardiksi ISO/PAS 16739. (2, s. 7)
Yhdistelmämalli	Eri tietomalleista yhdistetty tietomalli. Yleensä yhdistelmämalli muodostetaan lähtötietomallista ja eri tekniikkalajien suunnitelmamalleista. Yhdistelmämalli on tekninen malli, jonka tarkoituksena on varmistaa eri tekniikkalajien ja eri hankeosien suunnitelmien yhteensopivuus (3, s. 7).



# 1 JOHDANTO

Tämä insinöörityö tehtiin Sähköveikot Oy:lle ja sen tavoitteena oli perehtyä nykyaikaiseen suunnitteluun ja siten saada yritykselle tietoa suunnittelun tulevaisuuden haasteista ja tarpeista. Ensimmäisessä luvussa käsitellään MagiCAD-ohjelmaa yleisesti sekä tietomallinnusta ja sen käyttöä suunnittelun eri vaiheessa.

Ohjelmistojen ja tietomallinnuksen käsittelyn jälkeen keskitytään suunnittelun eri vaiheisiin. Toisen luvun aiheena onkin kuvata rakennushankkeen suunnittelu ja rakennusprosessi.

Kolmannessa luvussa perehdytään seikkaperäisesti kiinteistön eri osa-alueiden sähkösuunnitteluun sekä perusvarustelutasoon. Tärkeään rooliin tässä osassa nousee myös liittymän mitoittaminen.

Viimeisessä luvussa palataan tietomallinnuksen haasteisiin ja yhdistelmämallien luomiseen muiden suunnittelualojen kanssa yhteistyössä toimiessa. Työn edessä kuitenkin pidetään mielessä, että toimiva tietomalli vaatii sähkösuunnittelulta tarkkuutta, jotta yhdistelmämallista tulisi toimiva.

## 2 MAGICAD JA TIETOMALLINNUS

Tietomallintaminen on prosessi, jossa rakennushankkeen suunnittelu toteutetaan kolmiulotteisesti tietomalleja hyödyntäen. Niiden suurin hyöty on rakentamisen eri vaiheissa saatu visuaalinen sisältö, joka hyödyttää niin tilaajaa mahdollisten muutos- ja lisätöiden osalta kuin rakentajaakin nopeuttaen ongelmatilanteiden ratkaisua. Lisäksi se antaa tilaajalle tarkemman kuvan ehdotuksista koskien rakennettavaa kohdetta, koska tietomallin kautta päästään ns. rakennuksen sisälle jo suunnitteluvaiheessa. Kuvassa 1 on esitetty, miltä valmis tietomalli näyttää Solibri Model Viewer -katseluohjelmalla esitettynä. Tässä luvussa käsitellään myös MagiCAD-ohjelmistoa, joka mahdollistaa kattavan 2D- ja 3D-suunnittelun AutoCAD: llä ja Revitillä. (4, s. 1; 3.)



KUVA 1. Yhdistelmämalli Lipporantaan suunnitellusta kerrostalosta.

## **2.1 Tietomallien käyttö rakentamisen eri vaiheissa**

Tietomalleja voidaan ja tulee käyttää hyväksi rakentamisen aikana, mikäli se on mahdollista. Niillä voidaan jo suunnitteluvaiheessa todeta mahdolliset ongelmapaikat. Lisäksi täytyy muistaa, ettei tietomalli ole vain visuaalisen tiedon välittämiseen. Siitä voidaan saada järjestelmään sijoitetun laitteen tiedot vain sitä osoittamalla, esimerkiksi turvavalaisimen malli, teho, fyysiset mitat ja sijainti. Tässä luvussa käsitellään tietomallien hyväksikäyttöä rakentamisen eri vaiheissa.

### **2.1.1 Suunnitteluvaihe**

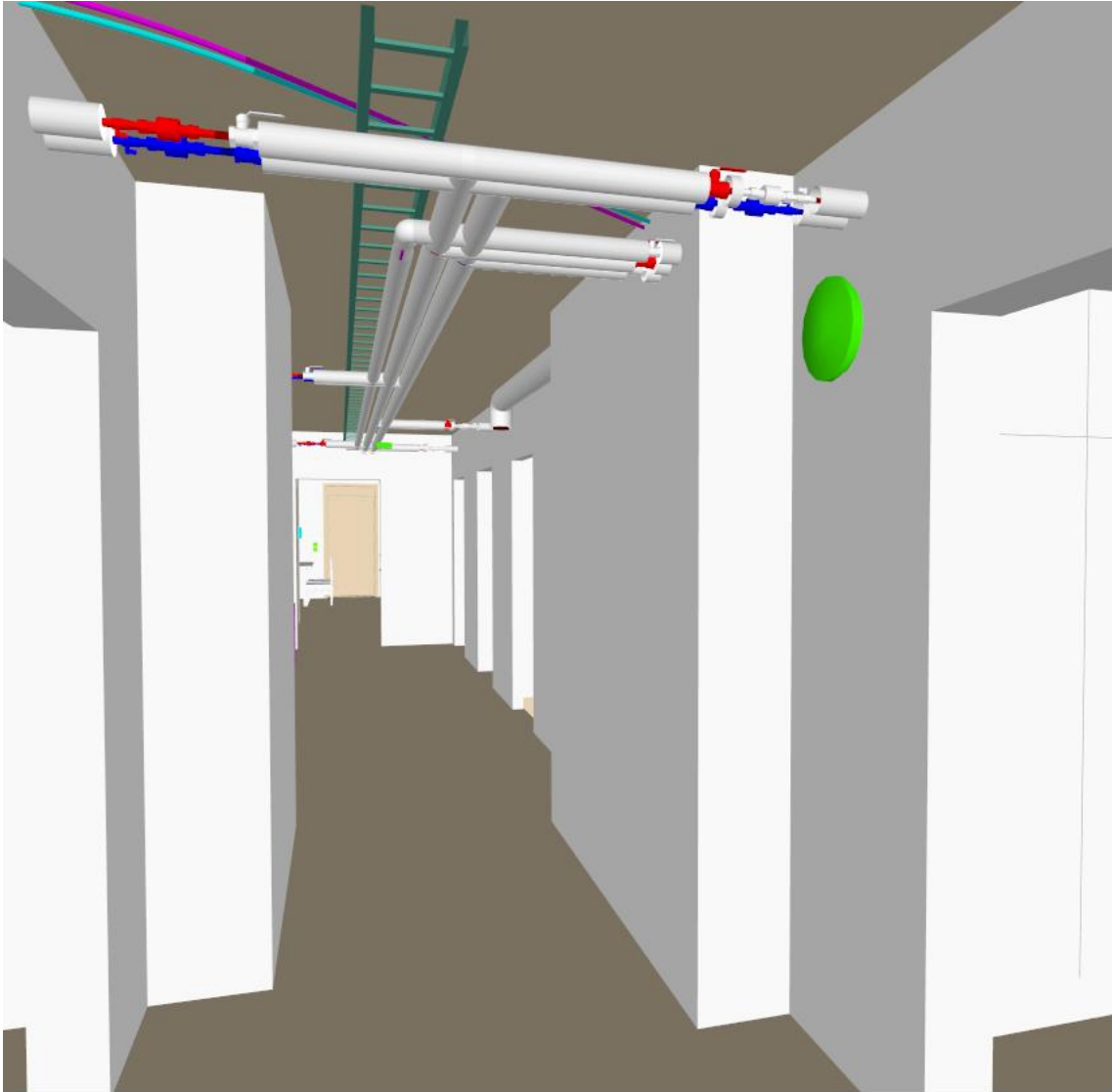
On todella yleistä rakennettaessa niin suuria kuin pieniäkin kohteita, että eri toimialojen urakoitsijoilla tulee törmäyskohtia, joita on vaikeaa ja aikaa vievää havaita perinteisessä 2D-suunnittelussa. Tietomallit mahdollistavat nopean ja reaaliaikaisen ongelmien tarkastelun.

Otetaan esimerkiksi suunnitteilla olevan kohteen, Lipporanta E, käytävän ratkaisu, jossa on LVI-suunnittelijan suunnittelemat käyttövesiputket jokaiseen asuntoon. Samassa käytävässä tulee viedä sähkönsyötöt jokaiselle ryhmäkeskukselle sekä antenni- ja telekaapelit jokaisen asunnon IT-osalle. Tämä vaatii tikashyllyn tai vastaavan kaapelireitin. Suunniteltaessa kaapelireittiä, hylly sijoitetaan esimerkiksi leikkauskuvasta katsotun betonilaatan ja alakaton puoleen väliin, jotta tilaa jää kaapelien vetämiseen, eikä se myöskään ole liian lähellä alakattoa. Kun tästä ratkaisusta nyt tehdään IFC-malli ja se lisätään samaan malliin LVI-suunnittelijan ja arkkitehdin tietomallin kanssa, huomataan, että tikashylly ja käyttövesiputket törmäävät. Tässä vaiheessa asia on vielä helppo korjata ja esimerkiksi sopia LVI-suunnittelijan kanssa, että hän nostaa putkia hieman ylöspäin lähemmäs betonilaattaa ja sähkösuunnittelija laskee hyllyään alemmas, jotta molemmille riittää alakatossa tilaa. Täten vältetään työmaalla törmäystarkastelulta ja säästetään aikaa itse työvaiheessa. Lisäksi saadaan todennäköisemmin paikkansa pitävät loppukuvat ja vältetään tilanteelta, jossa asentaja on unohtanut viedä tiedon suunnittelijalle hyllyn paikan muutoksesta.

Suunnitteluvaiheessa voidaan myös pyytää mahdollisesti kohteen asentajan mielipidettä joihinkin paikkoihin, jotta työ olisi mahdollisimman miellyttävää ja kustannustehokasta tehdä. Jatketaan samaa esimerkkiä käytävän kaapelihyllyn sijoittamisesta. Nyt kun on huomattu, että kaapelihylly ja käyttövesiputket törmäävät, ratkaisuja on tässä tapauksessa kaksi kappaletta. Joko LVI-suunnittelija nostaa putkiaan ylöspäin ja sähkösuunnittelija laittaa hyllyn alapuolelle tai toisinpäin. Kun kysytään tässä tilanteessa esimerkiksi kohteen sähköasentajalta, miten hänen mielestään hylly olisi miellyttävin asentaa, vastaus todennäköisesti olisi, että hylly asennetaan lämpölinjojen alapuolelle. Tämä on miellyttävämpää siitä syystä, että asuntojen syöttöjohtoja vedettäessä on lämpölinjat jo todennäköisesti asennettu ja kaapelit täytyisi nyt vetää jokaisen linjan yli, jos hylly olisi niiden yläpuolella. Nyt kun kaapelihylly onkin asennettu alapuolelle, on syöttökaapelien asentaminen helpompaa, koska jokaista asuntokohtaista lämpölinjaa ei tarvitse ylittää vaan voidaan yksinkertaisesti nostaa kaapeli hyllylle.

Kuten on todettu, suunnitteluvaiheessa on tärkeää olla yhteistyössä muiden suunnittelualojen kanssa, jotta työskentely olisi helpompaa ja törmäyksiltä välttäisi. Lisäksi, mikäli mahdollista, kannattaisi pyrkiä yhteistyöhön myös asentajien kanssa tai jonkun sellaisen henkilön, jolla on käytännön kokemusta kohteiden rakentamisesta, jotta työskentely olisi miellyttävää.

Kuvassa 2 on esitetty ratkaisu käytävän kaapelireittien sijoittelusta. Alakaton korkeuden ja putkilinjojen sijoittelun haasteellisuuden takia kaapelihylly oli sijoitettava putkilinjan yläpuolelle.



*KUVA 2. Käytävän kaapelireittien sijoittaminen*

### **2.1.2 Rakennusvaihe**

Myös rakennusvaiheessa tietomallista voi olla suurta hyötyä. Kun suunnitelmat ovat ajantasaiset ja paikkansa pitävät, voidaan niistä saada esimerkiksi määräluetteloita ja tietoa suunnitelluista toteutusratkaisuista. Lisäksi sen avulla voidaan työntekijälle antaa visuaalinen kuva työn eri vaiheista sekä siitä, miltä lopputuloksen tulisi näyttää.

### **2.1.3 Käyttö ja kunnossapito**

Kohteen valmistuttua voidaan tietomallin avulla helpottaa kunnossapitoa ja mahdollisten uusien laitteiden hankintaa, kun mallista saadaan tarkat tiedot laitteista

ja niiden mitoista. Lisäksi tietomalliin voidaan asettaa tiedot esimerkiksi järjestelmälle tarpeellisten huoltojen ajankohdista.

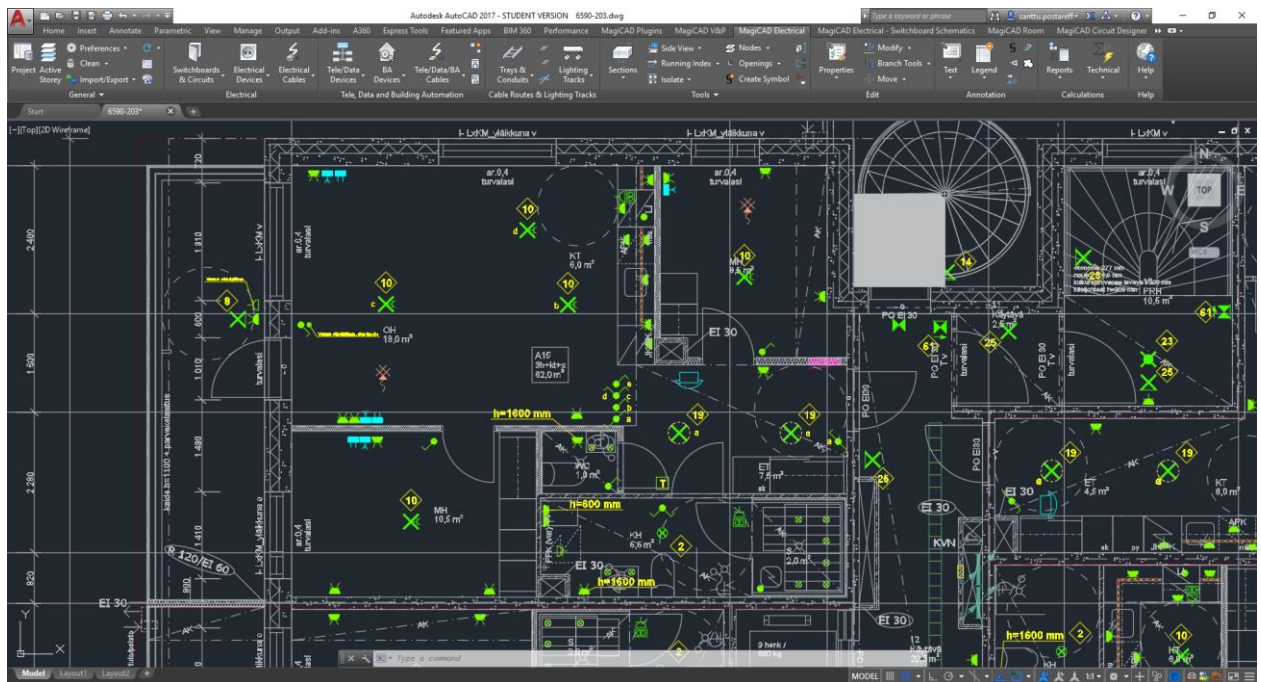
## **2.2 MagiCAD-ohjelmiston käyttö sähkösuunnittelussa**

MagiCAD for AutoCAD on AutoCAD-pohjainen suunnitteluohjelmisto. Siitä on olemassa eri versiot niin LVI-suunnitteluun (MagiCAD Ventilation, Piping, Sprinkler, Schematics, Energy ja Supports) kuin sähkösuunnitteluun (Electrical ja Circuit). Näiden ohjelmien avulla voidaan kohteista tehdä kattavat taloteknisten järjestelmien suunnitelmat. (5.) Tässä opinnäytetyössä kuitenkin perehdytään ainoastaan MagiCAD-ohjelmistoon sähkösuunnitelmien osalta.

### **2.2.1 MagiCAD Electrical**

MagiCAD Electrical on BIM-ohjelmisto tehokkaaseen sähkösuunnitelmien suunnitteluun ja piirtoon. Sen suurin hyöty on sen kyvyssä automatisoida usein toistuvia suorituksia ja täten parantaa päivittäistä tuottavuutta ja laatua. Tämän lisäksi se lisää tasopiirustuksiin tietomalliin tarvittavat tiedot mallinnuksen suorittamiseksi. Toki sitä varten täytyy suunnittelijan lisätä esimerkiksi korot, jotta suunnitelmasta saadaan realistista tietoa tietomalliin. Kun suunnitelmat on tehty huolellisesti koko suunnittelun ajan, ne ovat ajantasaiset ja ohjelma kykenee itse tuottamaan mitoituksessa hyödyllisiä laskelmia sekä siitä saadaan määräluetteloita käytetyistä komponenteista. Myös esimerkiksi kaavioiden tuottaminen helpottuu, kun ohjelmisto auttaa ja ohjaa suunnittelijaa oikein tehtyjen suunnitelmien pohjalta. (6.)

Kuvassa 3 on kuvankaappaus kyseessä olevasta ohjelmasta. Kuten yläpalkista nähdään, ohjelmassa on valmiina niin sanotut peruskomponentit, kuten keskukset, kaapelihyllyt ja kaapeloinnit. Näiden avulla piirustuksista saadaan standardien mukaiset sekä helposti luettavat.

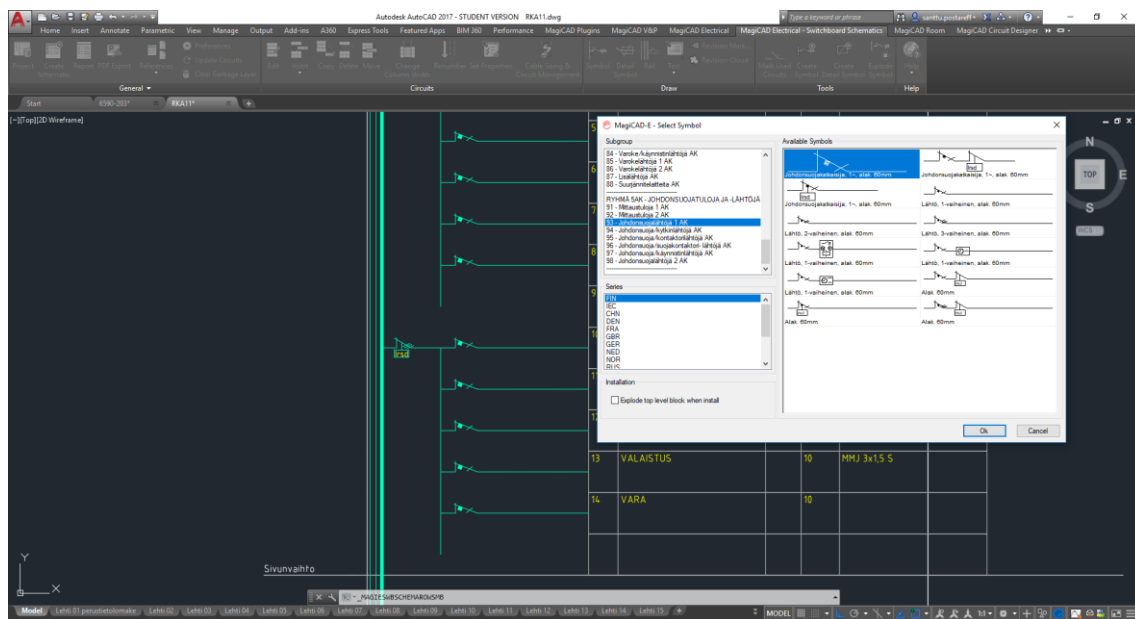


KUVA 3. Tasopiirustus MagiCAD Electrical-ohjelmassa.

## 2.2.2 MagiCAD Circuit Designer

MagiCAD Circuit Designer on älykäs työkalu piirikaavio- ja sähkösuunnitteluun. Sen avulla voidaan keskuskaavioita ja piirikaavioita piirtää suoraan tasopiirustuksista saatujen tietojen perusteella. Esimerkiksi tasokuvista voidaan hakea ryhmäkohtaiset tiedot, kun keskuskaavioita tehdään. Tai vastaavasti suunnittelu voidaan toteuttaa myös toisin päin, jolloin keskuskaaviot tehdään etukäteen ja tasokuvia laatiessa ohjelma osaa ehdottaa mahdollista ryhmänumeroa ja kaapeloinnin tietoja, kun johdotuskuvia tehdään. (7.)

Kuvassa 4 on esitetty symbolien lisäys MagiCAD Circuit Designer -ohjelmalla. Ohjelma sisältää valmiiksi suuren määrän keskuskomponentteja, kuten johdon-suoja- ja kontaktorilähtöjä. Lisäksi ohjelmalla voidaan luoda omia symboleja, mikäli tarve vaatii.



KUVA 4. Keskuskaavion suunnittelu sekä symbolien lisäys MagiCAD Circuit Designer -ohjelmalla.



### **3 SUUNNITTELUN VAIHEET**

Rakennushanke on monivaiheinen prosessi ja sisältää useita eri vaiheita niin suunnittelun kuin toteutuksenkin osalta. Vaikka se saattaa kuulostaa monimutkaiselta, sen tarkoitus on hankkeen hallinta sekä kohteen laadunvarmistus. (8, s. 1.) Tässä luvussa käsitellään taloteknisen järjestelmän suunnittelun ja toteutuksen vaiheet.

#### **3.1 Tarveselvitys**

Hanke aloitetaan niin sanotulla tarveselvityksellä. Sen tarkoituksena on selvittää ja perustella tilahankinnan tarpeellisuus tai jo valmiina olevan kohteen muutos-tarve. Tarveselvityksessä kuvataan kohteeseen tarvittavat tilat ja niiden vaatimukset sekä selvitetään vaihtoehtoiset ratkaisut ja arvioidaan ratkaisujen kannattavuutta sekä edullisuutta. Tarveselvityksen jälkeen tehdään hankepäätös. (8, s. 3.)

#### **3.2 Hankesuunnittelu**

Hankepäätöksen jälkeen siirrytään hankesuunnitteluun. Sen lähtötietoina ovat tilaajan toiveet ja tavoitteet. Hankesuunnittelussa asetetaan kohteelle tavoitteet laajuutta, laatua, aikataulua ja ylläpitoa koskien. Sen päätteeksi tehdään alustavasti päätös toteutusmuodosta ja investointipäätös. (8, s. 4.)

#### **3.3 Ehdotussuunnittelu**

Ehdotussuunnitteluvaihe sisältää nimensä mukaisesti ehdotuksen toteutustavasta. Sen aikana selvitetään ne tekniset vaihtoehdot, jotka täyttävät hankesuunnitelmassa päätetyt tavoitteet. Tarkoituksena on selvittää ja vertailla vaihtoehtoisia ratkaisuja niin kustannuksia kuin käyttömahdollisuuksia silmällä pitäen. Ehdotussuunnittelun dokumentoinnille ei ole annettu vaatimuksia, kunhan niistä selviää riittävän laajasti ehdotetut ratkaisut. Ehdotussuunnittelun päätteeksi valitaan toteutettava ehdotussuunnitelma. (8, s. 9–13.)

### **3.4 Toteutussuunnittelu**

Ennen toteutussuunnittelun aloitusta ehdotussuunnitelmat täydennetään yleissuunnitelmaksi. Yleissuunnitelman pohjalta lähdetään tämän jälkeen kehittämään rakentamisen ja hankinnan edellyttämiä toteutussuunnitelmia. (8, s. 18.)

Toteutussuunnittelu jakautuu kahteen vaiheeseen, joiden tuloksina ovat hankintoja palvelevat suunnitelmat ja toteutusta palvelevat suunnitelmat. Hankintoja palveleva suunnittelukokonaisuus tehdään siinä laajuudessa ja sillä tarkkuudella, että kohteen ja rakennusosien laajuus, määrät, työtavat ja laatutaso voidaan määrittää toteutuskustannusten edellyttämällä tarkkuudella. (8, s. 18.)

Käytännössä hankintoja palvelevat suunnitelmat tarkoittavat siis urakkalaskentaa varten olevia suunnitelmia. Niiden perusteella voidaan aloittaa työn kilpailutus eri urakoitsijoiden kesken.

Toteutusta palvelevat suunnitelmat taas tarkoittavat niitä suunnitelmia, joiden pohjalta hanke voidaan toteuttaa. Rakennushankkeessa ne voidaan teettää joko suunnittelijalla tai urakoitsijalla. Käytännössä tämä tarkoittaa sähköteknisissä järjestelmissä tasopiirustusten pistekuvien täydentämistä johdotuskuviksi, joista asentaja voi nähdä halutun toteutusratkaisun. (8, s. 21.)

### **3.5 Rakentamis- ja käyttöönottovaihe sekä takuu aika**

Rakentamisvaiheessa toteutussuunnitelmien mukaiset suunnitelmat toteutetaan käytännössä. Hankkeen tässä vaiheessa suunnittelijan tehtävänä on varmistaa, että kohde toteutetaan sopimusten ja tavoitteiden mukaan sekä huolehtia, että suunnitelmat pysyvät ajan tasalla mahdollisia muutostöitä tehdessä. Rakentamisvaiheen lopputuloksena suoritetaan käyttöönotto, jolloin urakoitsija varmistaa järjestelmiensä toiminnan ja suunnitelmien mukaisuuden sekä rakennus otetaan käyttöön. Lisäksi käyttöönottoon kuuluu luovutuspiirustuksien tarkastaminen ja mahdollisten muutosten kirjaaminen. (8, s. 26–27.)

Mikäli kohteessa on yli 35A:n ylivirtasuojat, tulee urakoitsijan teettää sille kolmannen osapuolen suorittama varmennustarkastus. Niitä suorittavat valtuutetut tarkastuslaitokset ja valtuutetut tarkastajat. Varmennustarkastus on suoritettava kolmen kuukauden kuluessa käyttöönotosta, mutta yleensä se pyritään suorittamaan ennen kohteen vastaanottotarkastusta. (9.)

Käyttöönoton jälkeen kohteelle suoritetaan vastaanottotarkastus, jolloin työntilaaaja vastaanottaa valmistuneen kohteen, mikäli se vastaa riittävällä tasolla tilattua työtä. Lisäksi vastaanottotarkastuksessa tilaajalle pidetään käytönopastus sekä luovutetaan luovutuspiirustukset valmistuneesta kohteesta. (8, s. 24.)

Kohteen käyttöönoton ja luovutuksen jälkeen alkaa takuu aika, jonka pituus määritellään sopimusehdoissa, mutta yleensä sen pituus on rakennushankkeissa kaksi vuotta. Tänä aikana urakoitsija on velvollinen korjaamaan ne virheet, jotka johtuvat urakoitsijan tai hänen käyttämiensä aliurakoitsijoiden työsuorituksista. (10, s. 8.)

## 4 SÄHKÖJÄRJESTELMIEN MITOITUS JA SUUNNITTELU

Järjestelmien suunnittelu aloitetaan selvittämällä tilaajan tarve ja haluttu varustelutaso, joka selvitetään tarveselvityksessä ja hankesuunnitteluvaiheessa, kuten aikaisemmin todettiin. Tämän jälkeen voidaan suunnitelmien tekeminen aloittaa ehdotussuunnitelmaosan kohtien mukaisesti. Tässä luvussa keskitytään järjestelmien mitoittamiseen ja suunnitelmien tekemiseen.

### 4.1 Liittymän mitoittaminen

Asuinkerrostalon pääsulakkeen mitoittamiseksi täytyy määrittää kiinteistön huipputeho, jonka avulla saadaan selville vastaava maksimivirta. Huipputehon määrittämiseksi voidaan käyttää ST-korttia 13.31, jossa on kaavat sitä varten. Huipputehoon vaikuttavat merkittävästi asunnon varustelutaso ja lämmitysmuoto. Mutta kun kerros- tai rivitalon huipputehoa määritellään, vaikuttaa siihen oikeastaan vain kerrosalan suuruus, sähkökiukaan olemassaolo ja lämmitettyjen autopaikkojen lukumäärä. Taulukossa 1 on kuvattu kokemusperäiset laskentamallit asuinrakennuksen huipputehon määrittämiseksi.

TAULUKKO 1. Asuinkerrostalon huipputehon määrittäminen (11, s.4).

Asuinrakennukset	Huipputeho <sup>1)</sup> [kW]	Huomautuksia
Kerros- ja rivitalot		A on kerrosala [m <sup>2</sup> ]
– ilman kiukaita	$P_h = B + 17 A / 1000$ (B = 65 kW)	Yhtälöt soveltuvat kohteisiin, joissa vähintään 15 asuntoa ja kerrosala väh. 2500 m <sup>2</sup> . Pienemmissä taloissa B korvataan arvolla $B_x = (A_{tod}/2500) \times B \geq 30$
– huoneistokohtaiset sähkökiukaat	$P_h = B + 24 A / 1000$ (B = 90 kW)	
Pienet rivitalot <sup>2)</sup>		A on lämmitetty pinta-ala [m <sup>2</sup> ]
– ei sähkölämmitystä, mutta sähkökiuas	$P_h = 30 + 26 A / 1000$	
– suora sähkölämmitys, kiuas	$P_h = 30 + 64 A / 1000$	– käyttövedenlämmitys jatkuvasti tai yöllä
– suora sähkölämmitys <sup>3)</sup>	$P_h = 30 + 49 A / 1000$	– käyttöveden lämmitys yöllä
Omakotitalot		A on lämmitetty pinta-ala [m <sup>2</sup> ]
– ei sähkölämmitystä, mutta sähkökiuas	$P_h = 7,5 + 26 A / 1000$	
– suora sähkölämmitys ja sähkökiuas	$P_h = 7,5 + 64 A / 1000$	– käyttöveden lämmitys jatkuvasti tai yöllä
– suora sähkölämmitys <sup>3)</sup>	$P_h = 7,5 + 49 A / 1000$	– käyttöveden lämmitys yöllä
Paikoitusalueet: $P_{paikoitus} = 10 + 0,5 n_{auto}$ ( $n_{auto}$ = lämmitettyjen autopaikkojen lukumäärä)		
Huomautukset: Liittymisjohdon virtaa määritettäessä tulee huomioida kuormituksen tehokerroin cos $\varphi$ . Jos loistehon osuus on vähäinen, voidaan arvioida cos $\varphi = 0,96$ .		

Kun huipputeho ja pääsulake on määritelty, voidaan kohteelle mitoittaa liittymiskaapeli. Yleensä tätä ei kuitenkaan tarvitse tehdä, koska sähköverkon haltija tekee tämän päätöksen viimekädessä sen mukaan, mitä kaapeleita he yleensä liittymissään käyttävät. (11, s. 8–9.)

Tämän lisäksi tulee määrittää asuntokohtainen tehontarve, pääsulakkeiden koko sekä nousukaapeli. Yleensä kuitenkin kerrostaloissa olevien asuntojen pääsulakkeen koko on poikkeuksetta 25A ja ryhmäkeskuksen nousujohtona MMJ 5x6S tai vastaavasti MCMK 4x6+6 kaapeli. Nousujohdon valintaan vaikuttaa kuitenkin asennustapa ja kaapeloinnin pituus, joten se saattaa vaihdella kohteen mukaan.

## **4.2 Järjestelmien suunnittelu**

Tässä luvussa käsitellään kiinteistön eri osa-alueiden suunnittelua ja varustelutasoa. Suunnittelussa käytetään hyväksi ST-korttia ST 25.21.

### **4.2.1 Yleiset tilat ja piha-alueet**

Kun liittymän huipputeho on laskettu ja liittymiskaapeli on määritelty, voidaan aloittaa suunnittelussa keskuksien ja pisteiden sijoittaminen. Tässä kohtaa on tärkeää pitää mielessä niin tilaajan toiveet kuin sähköturvallisuusmääräykset ja suositukset. (12, s.1.)

Järjestelmien suunnittelu aloitetaan sijoittamalla sähköpääkeskus varustettuna jakokeskusosalla ja mittauskeskukset sähköpääkeskustilaan. Tämä sijaitsee yleensä talon alimmassa kerroksessa lähellä nousukuiluja kaapeloinnin helpottamiseksi. Myös talojakamo, johon liitetään kiinteistön tele- ja yhteisantennijärjestelmien aktiivi- ja passiivilaitteet, sijoitetaan yleensä näihin samoihin tiloihin, mikäli mahdollista. Sähkösuunnittelijan tehtävänä on ilmoittaa arkkitehdille riittävän suuri tilavaraus, jotta hän voi tämän varauksen suunnitelmiinsa tehdä. (12, s. 1.)

Kerroksiin johtavia kaapelointeja varten on yleensä talossa nousukuilu, johon laitetaan kaapelihyllyt. Niin sanotulle kovalle sähkölle asennetaan oma ja tietoteknisille järjestelmille omansa. Molemmat järjestelmät voidaan asentaa myös samalle hyllylle, mutta silloin pitää huolehtia, että kaapeleiden etäisyys on riittävän suuri sähkömagneettisten häiriöiden välttämiseksi. Nousukuilun kaapelihyllyjen

sijoittamisen jälkeen tulee myös kerroksiin sijoittaa kaapelihyllyt alakattojen yläpuolelle, siten etteivät ne törmää muiden taloteknisten järjestelmien laitteiden ja reittien kanssa. (12, s. 1.)

Kun kaapelireitit on sijoitettu, voidaan aloittaa sähköjakelujärjestelmän suunnittelu, joka kattaa päärakennuksen sekä mahdollisten muiden rakennusten sähköpisteiden sähkönsyötön. Täytyy myös muistaa, että tällä järjestelmällä tulee varmistaa myös vesi-, lämpö-, ilma- ja jäähdytysjärjestelmien sähkönsyötöt. (12, s. 1.)

Yleisten tilojen valaistus toteutetaan liiketunnistimin siten, että riittävä määrä valaisimia syttyy kerrallaan, kun tiloissa kuljetaan. Tämä voidaan toteuttaa, joko valaisimiin sisäänrakennetuilla tunnistimilla, jolloin jokainen valaisin ohjaa vain itseään tai erillisin liiketunnistimin, jolloin syttyy esimerkiksi muutama valaisin kerrallaan, kun tilassa havaitaan liikettä. Teknisten tilojen valaistus voidaan toteuttaa kytkimin, jolloin voidaan välttyä valojen sammumiselta esimerkiksi huollon aikana. (12, s. 2.)

Pistorasioiden sijoittamisella käytäville varmistetaan, että siivous on mahdollista kiinteistössä. Yleensä tähän riittää yksi pistorasia jokaista kerrosta kohti, mutta oikein suurissa ja pitkissä taloissa voidaan sijoittaa siivouspistorasioita useampiakin. Talon muihin tiloihin, kuten varastoihin, lämmönjakohuoneeseen ja sähköpääkeskustilaan tulisi myös laittaa joitain pistorasioita siivousta sekä muuta käyttöä varten. Jos kiinteistöön tulee väestönsuoja, sen pistorasioiden ja valaistuksen toteutuksessa tulee noudattaa S1-luokan teräsbetonisten väestönsuojien sähkö- ja viestinelaitteiden asennusten standardia. (12, s. 2.)

Mikäli kohteessa on käytössä hissi, tulee sen sähköistys toteuttaa valmistajan antamien ohjeiden mukaan. Hississä täytyy olla hissihälytys hätätilanteita varten. (12, s. 2.)

Lämmönjakohuone sekä muut tekniset tilat varustetaan laitteiden vaatimilla sähkönsyötoillä sekä turvakytkimillä. Myös mahdolliset pesula- ja kuivaustilat varustetaan laiteluetteloiden mukaisten laitteiden vaatimusten mukaan. (12, s. 2.)

Turva- ja poistumistievalaistus tulee myös toteuttaa sisäasianministeriön asetuksen 805/2005 mukaan, mikäli asuinkerrostalo on yli 8-kerroksinen tai jos kohteessa on autohalli, jonka poistumistienä kerrostalon tiloja käytetään. (13, s. 5–6.)

Piha-alueiden valaistus toteutetaan valoisuuden mukaan ohjautuvalla valaistuksella esimerkiksi astronomista kellokytkintä käyttämällä tai kello- ja hämäräkytkimen yhdistelmällä. Valaistuksen tarkoituksena on taata riittävä valaistusvoimakkuus kulkua ja turvallisuuden tunnetta varten. Piha-alueella sijaitsevat varastot ja jätekatokset tulee varustella liiketunnistimilla ohjatuilla valaisimilla ja pistorasioilla. (12, s. 1.)

Piha-alueella sijaitsevat autopaikat varustetaan autolämmityspistorasioilla, mikäli tilaaja näin haluaa. Myös sähköauton latausmahdollisuus tulee nykyään suunnittelussa ottaa huomioon. (12, s. 1.)

Piha-alueista laaditaan asemakuva, josta selviää kaapelointien tyypit ja reitit sekä piha-alueilla sijaitsevien sähköpisteiden paikat. Sisätiloista laaditaan tasopiirustukset, joista selviää sisätilojen kaapelireitit sekä sähköpisteet.

Liitteessä 1 on esitetty Lipporanta E:n kellarikerroksen sähkönjakelun pistekuva. Valaistus on käytävissä toteutettu valaisimissa itsessään olevilla liiketunnistimilla ja muissa tiloissa joko erillisin liiketunnistimin tai perinteisillä kytkimillä. Koska kyseessä on pistekuva, ei johdotuksia ole tähän kuvaan merkattu, mutta niiden mitoittamiseen käytetään valmistajan ohjeistuksia sekä voimassa olevia määräyksiä.

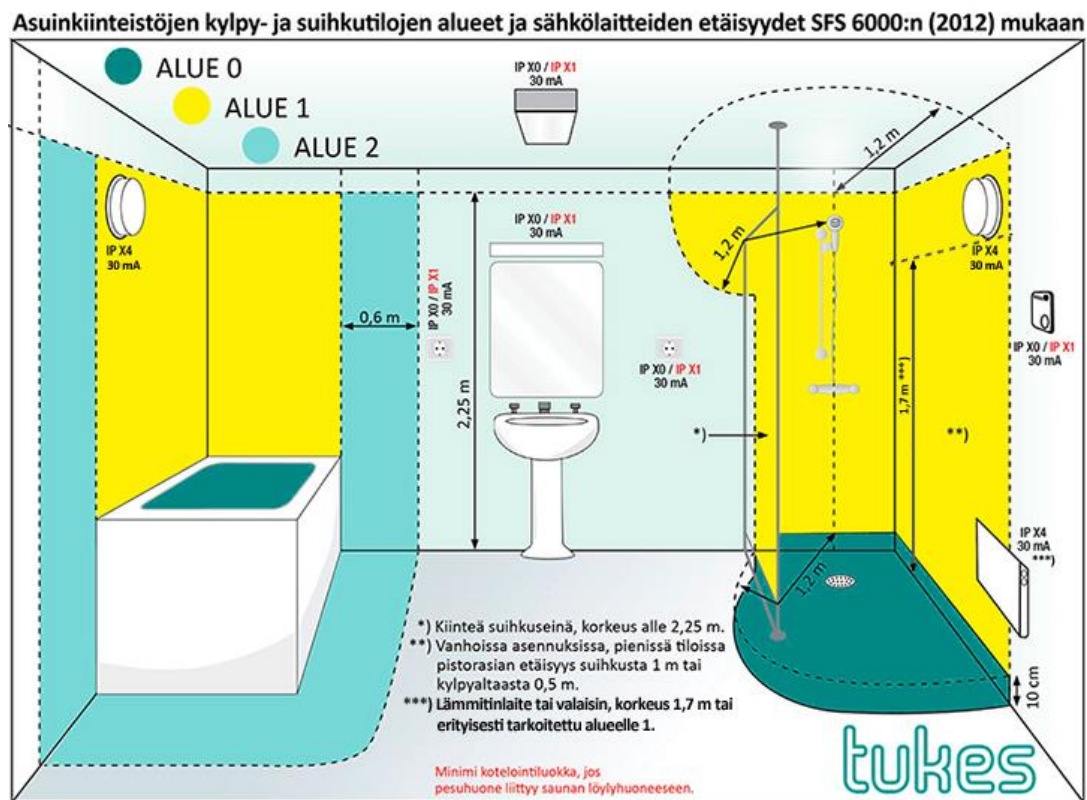
#### **4.2.2 Asuinhuoneistot**

Kun yleisten tilojen sähköjakelu on toteutettu, voidaan siirtyä asuinhuoneistojen sähkönjakeluun. Tässä luvussa käsitellään huoneiston varustelutaso tilakohtaisesti. (12, s. 2.)

Eteisen valaistus tulee olla riittävän hyvä ja laadukas ja sitä ohjataan kytkimin. Lisäksi sinne on hyvä sijoittaa vähintään yksi kaksiosainen pistorasia sähköjake-lua varten. (12, s. 2.)

Kylpyhuoneet ja wc:t valaistaan kattoon asennettavilla valaisimilla sekä peilivalolla. Peilivalo on joko peilikaapissa kiinni tai se on erillinen valaisin peilin päällä. Sen tarkoitus on valaista esimerkiksi meikkaamista tai jotain muuta peilin edessä tehtävää toimenpidettä. Saunan valaistus voidaan toteuttaa joko perinteisellä saunavalolla, valokuidulla tai upotettavilla led-valaisimilla. (12, s. 2.)

Pesutilat ja wc:t varustetaan riittävällä määrällä pistorasioita. Yleensä tämä tarkoittaa yhtä tai kahta pistorasiaa. Toinen näistä pistorasioista voidaan sijoittaa peilikaappiin ladattavia laitteita varten ja toinen johonkin peilin läheisyyteen. (12, s. 2.) Pistorasioita ja valaisimia sijoiteltaessa ja kotelointiluokkaa valittaessa tulee kuitenkin huomioida kylpy- ja suihkutilojen sähkölaitteiden etäisyys suihkuihin ja hanoihin (14). Kuvassa 5 on esitetty turvallisuus ja kemikaaliviraston ohjeistus kyseessä olevista alueista.



**KUVA 5. Kylpy- ja suihkutilojen alueet ja sähkölaitteiden etäisyydet (14).**

Lisäksi kylpyhuoneissa yleensä on huoneistokohtainen ilmanvaihtokone, pyykinpesukone sekä kuivausrumpu. Myös näiden laitteiden sähkönsyötöt tulee huo-



lehtia ja niiden sijoittaminen tapahtuu yleensä siten, että ilmanvaihtokoneen pistorasia sijoitetaan alakaton yläpuolelle ja kuivausrummun ja pyykinpesukoneen pistorasia joko allaskaappiin tai niiden oletetun sijainnin yläpuolelle 1800 mm:iin lattiasta. (15, s. 2.)

Näiden varusteiden lisäksi kylpyhuoneisiin, wc:hen ja saunaan asennetaan sähkökäyttöinen lattialämmitys mukavuuslämmöksi sekä pitämään lattiarakenteet kuivana. Lattialämmitystä varten asennetaan myös termostaatti, yleensä valaistuksen ohjauskytkimien yläpuolelle. (12, s. 3; 15, s. 2–4.)

Mikäli asunnossa on löylyhuone, tulee lisäksi kiukaalle varmistaa sähkönsyöttö. Kuten liitteestä 2 selviää, kiukaan syöttöjohtimen poikkipinta-ala on 1,5mm<sup>2</sup>. Tämä rajoittaa kiukaan koon maksimissaan 6kW:iin. Jos kohteessa on suuri kokoiset löylyhuoneet, jolloin myös kiukaiden koko tulee olemaan suurempi, tulee kiukaan kaapelointi suorittaa paksummalla esimerkiksi 2,5 mm<sup>2</sup> johtimilla.

Makuuhuoneiden valaistus toteutetaan pääasiassa kattoon sijoitettavilla valaisinpistorasioilla, joihin asukas voi itse asentaa valaisimen ja näiden ohjaaminen tapahtuu kytkimien avulla, jotka sijoitetaan huoneen oven viereen ja mahdollisesti sängyn viereen. Makuuhuoneisiin sijoitetaan lisäksi pistorasioita vähintään oven, sängyn ja mahdollisten työpöytien viereen sekä televisiolle. Viestintäviraston määräyksen mukaan antenni- ja tietoliikennesiasioita sijoitetaan huoneeseen vähintään yksi kumpaakin televisiota tai tietokonetta varten. (12, s. 4; 16, s. 5.)

Olohuoneet valaistaan kattoon asennettavilla valaisinpistorasioilla ja niitä ohjataan kytkimin tai himmentimin. Perusratkaisussa on yleensä kahdesta neljään valaisinpistorasiaa sekä näitä varten yhdestä kahteen kappaletta 5-kytkimiä. Pistorasioita ja heikkovirtapisteitä sijoitetaan siten, että huoneen kalusteiden järjestystä voidaan helposti muuttaa, yleensä tämä tarkoittaa huoneen kahta erillistä pistettä, jossa on vähintään yksi kaksiosainen pistorasia sekä antenni- ja tietoliikennesiasia. Lisäksi huoneeseen sijoitetaan pistorasioita esimerkiksi huoneiden ja parvekkeen oville sekä mahdollisen ruokapöydän kohdalle. (12, s. 4; 16, s. 5.)

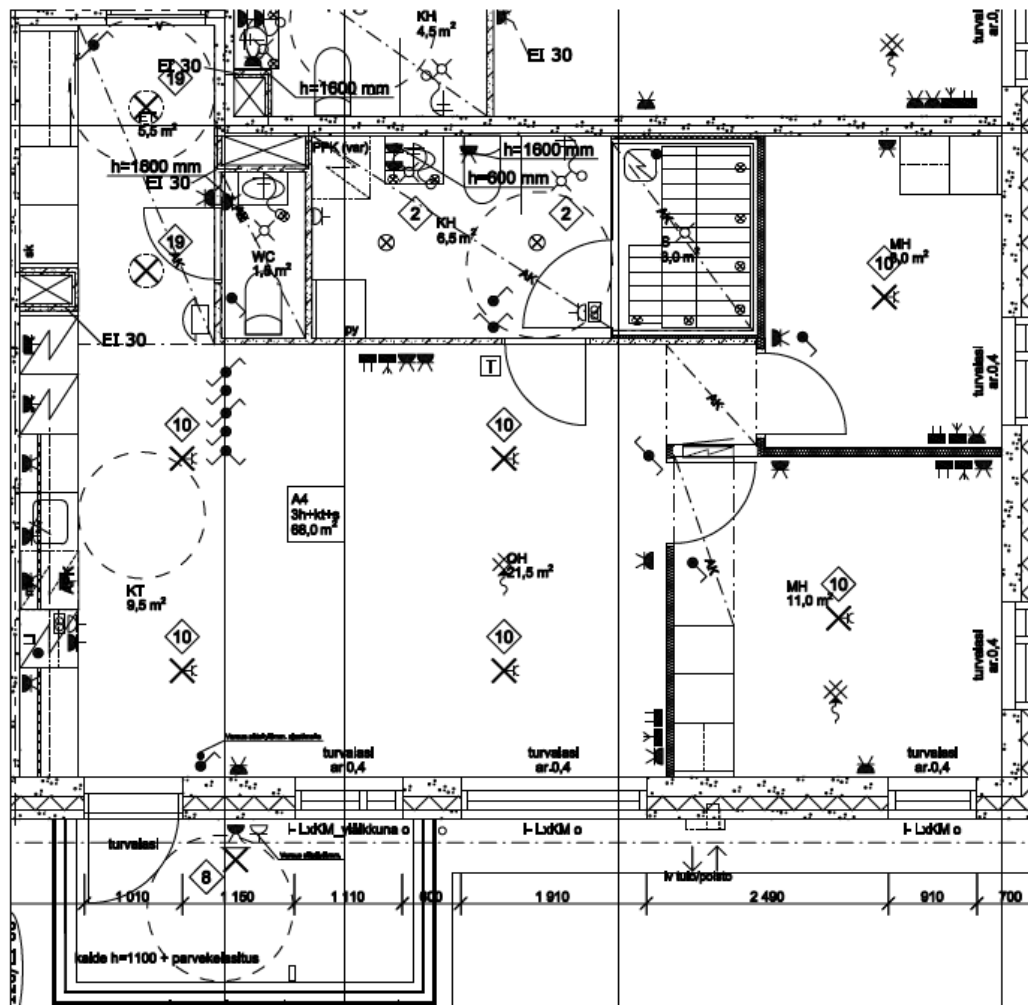
Keittiön valaistuksessa on tärkeää huomioida työskentelymukavuus sekä turvallisuus. Tämä yleensä saavutetaan sijoittamalla kattoon keittiön koosta riippuen

yhdestä kahteen valaisinpistorasiaa ja työpöydille kaappien alapintaan työpistevalaisimet. Työpistevalaisimena voidaan käyttää loisteputkivalaisinta, jossa on itsessään kytkin ja pistorasiat. Näin ei tarvitse erillisiä pistorasioita tai kytkimiä keittiön sähkönjakelua varten. Mutta vaihtoehtoisesti voidaan käyttää esimerkiksi LED-nauhaa ja erillisiä pistorasioita, joka on yleensä visuaalisesti hieman paremman näköinen ratkaisu sekä antaa mahdollisuuden sijoittaa pistorasiat haluttuihin paikkoihin. Pistorasioiden sijoituksessa hyvänä nyrkkisääntönä on yksi kaksiosainen pistorasia jokaista työtasoa kohti. Lisäksi keittiökoneille, kuten jääkaappi, astianpesukone ja liesi, tulee sijoittaa pistorasiat keittiön kalustesuunnitelmien mukaisille paikoille. (12, s. 4.)

Parvekkeet varustetaan yleensä kiinteällä valaisimella sekä kaksiosaisella pistorasialla. Valaistus tulee olla riittävä muttei liian voimakas viihtyvyyden takamiseksi. Sitä ohjataan esimerkiksi olohuoneen valaistusten ohjausten kytkimien yhteyteen asennettavalla 1-kytkimellä. Lisäksi parvekkeelle sijoitetaan varaus mahdollista säteilylämmittintä varten ja parvekkeen ovelle, asunnon sisäpuolelle tätä varten kojerasia ajastinta tai kytkintä varten. Parvekkeiden sähköasennuksia suunniteltaessa tulee myös huomioida tilassa vallitseva kosteus. Tästä syystä parvekkeet luokitellaan ulkotiloiksi ja niissä olevien laitteiden tulee olla kotelointiluokaltaan joko IPX3 tai IPX4. (12, s. 4.)

Asunto tulee varustaa palovaroittimilla määräysten mukaisesti. Niiden mukaan on sijoitettava yksi palovaroitin jokaista alkavaa 60 m<sup>2</sup>:ä kohti. Palovaroittimien on oltava verkkovirtakäyttöisiä ja akkuvarmennettuja. Lisäksi olisi hyvä, jos niitä voisi ketjuttaa, jotta yhden palovaroittimen hälyttäessä saataisiin muutkin hälyttämään. Palovaroittimien paikkojen suunnittelussa tulisi välttää niiden sijoittamista keittiön sekä pesuhuoneen oven läheisyyteen väärin hälytysten välttämiseksi. (12, s. 2.)

Kuvassa 6 on esitetty esimerkki huoneiston sähköpisteiden sijoittamisesta taksopiirustuksessa. Kyseessä ei ole ainut oikea ratkaisu vaan yhden henkilön näkemys mahdollisesta ratkaisusta.

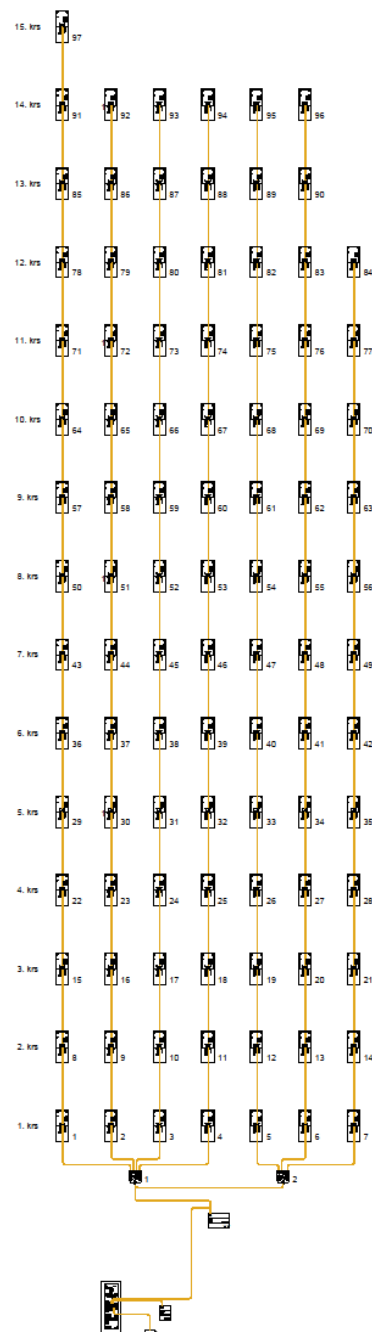


KUVA 6. Lipporanta E asunnon A4 pistekuva.

#### 4.2.3 Muut järjestelmät

Kerrostalon suunnittelussa tulee huomioida myös asumisviihtyvyys ja käytettävyys rakennuskustannuksien ja turvallisuuden lisäksi. Tästä syystä usein kerrostaloihin asennetaan ovipuhelinjärjestelmä, joka sisältää jokaiseen huoneistoon sijoitettavan vastauskojeen sekä ulko-ovella sijaitsevan ulkoyksikön. Sieltä voidaan soittaa jokaiseen asuntoon, josta taas on kuulo- tai kuulo- ja näköyhteys ulkoyksikköön. Asunnossa sijaitsevalla vastauskojeella voidaan avata ulko-ovi ja näin päästää henkilö sisälle taloon. (12, s. 3.)

Kuvassa 7 on esitetty Lipporanta E:n ovipuhelinkaavio. Vaikka kyseessä on niin sanottu audio-järjestelmä, antaa suunnitelman mukainen johdotus mahdollisuuden vaihtaa yksittäisen asunnon audiovastausskoje audio- ja videovastausskojeeksi.



KUVA 7. Lipporanta E:n ovipuhelinkaavio

Muita järjestelmiä, joita kerrostalossa voi olla, ovat paloilmoitinjärjestelmä, savunpoistojärjestelmä, turva- ja poistumistiejärjestelmä, kameravalvontajärjestelmä jne. Näiden tarpeellisuudesta sekä pakollisuudesta on tietoa SFS-6000 standardissa.

Yleiskaapelointi- ja antennijärjestelmien suunnittelussa tulee noudattaa Viestintäviraston viimeisintä sisäverkkojen määräystä. Lyhyesti sanottuna tämä määräys tarkoittaa antennijärjestelmien osalta sitä, että jokaiseen asuinhuoneeseen sijoitetaan vähintään yksi antennirasia ja niiden kaapeloinnit tehdään tähtimäisesti huoneiston kotijakamoon. Lisäksi jokaisen asunnon kotijakamo kaapeloidaan tähtimäisesti kohteen talojakamoon käyttäen hyväksi yhtä riittävän laadukasta koaksiaalikaapelia. (16, s.5.)

Yleiskaapeloinnin osalta määräyksessä vaaditaan vähintään kahta kategorian 6 parikaapelia päätettynä yhteen kaksiosaiseen tai kahteen yksiosaiseen tietoliikennesasiaan. Näiden kaapelointi tehdään myös tähtimäisesti asunnon kotijakamoon. Nousukaapeloinnin osalta määräys vaatii jokaista asuinhuoneistoa kohti vähintään yhden kategorian 6 parikaapelin sekä neljä optista yksimuotokuitua päätettynä molemmista päistä ja kaapeloituna kohteen talojakamoon. (16. s.5.)

### **4.3 Kaavioiden laatiminen**

Kun asuntojen ja yleisten tilojen suunnitelmat ovat valmiit, tehdään järjestelmistä erilaisia kaavioita esimerkiksi keskusvalmistajille ja urakkalaskennan helpottamiseksi.

Kohteen kaikista pää-, mittaus- ja ryhmäkeskuksista laaditaan keskuskaaviot kaapeloinnin sekä suoja- ja ohjauslaitteiden määrittämiseksi. Liitteessä 2 on Lipporanta E:n asunnon A4 ryhmäkeskuksen keskuskaavio.

Keskuskaavioiden lisäksi kohteesta laaditaan maadoitus-, antenni-, yleiskaapelointi-, ovipuhelin-, turva- ja poistumistie-, savunpoisto- ja paloilmoitinkaaviot. Näistä kaavioista selviää kullekin järjestelmälle ominaiset kaapelointien tiedot, järjestelmäarvot sekä muuta tärkeää tietoa niin työntekijälle ja urakoitsijalle kuin viranomaisellekin. Liitteessä 3 on esitetty Lipporanta E:n antennikaavio, josta selviää pääpiirteittäin kohteeseen suunnitellun antenniverkon rakenne.

## 5 YHDISTELMÄMALLI JA YHTEENSOVITUS

Kun jokaisen suunnittelualan suunnittelija on saanut omat suunnitelmat valmiiksi, kootaan ne yhteen niin sanottuun yhdistelmämalliin. Yhdistelmämallissa visualisoituvat konkreettisesti kaikki suunnitelmissa olevat asiat. Sen avulla voidaan jo suunnitteluvaiheessa löytää ongelmapaikat, jotka muuten selviäisivät vain työmaalla. (17.)

Yhdistelmämallia suunnitteluvaiheessa käytettäessä voidaan jatkuvasti kontrolloida, että suunnitelmat ovat toteutuskelpoisia. Kun suunnitteluosapuolet kommunikoi riittävän usein ja kattavasti, saadaan suunnitelmista As Built -tasoiset jo ennen kuin asennukset ovat edes alkaneet. (17.)

Esimerkki yhdistelmämallista on kuvassa 8, josta on piilotettuna seinät, ovet ja ikkunat. Kuten kuvasta voidaan huomata, yhdistelmämalli antaa huomattavan määrän informaatiota jo yhdellä vilkaisulla sekä auttaa visualisoimaan rakennettavaa kohdetta.

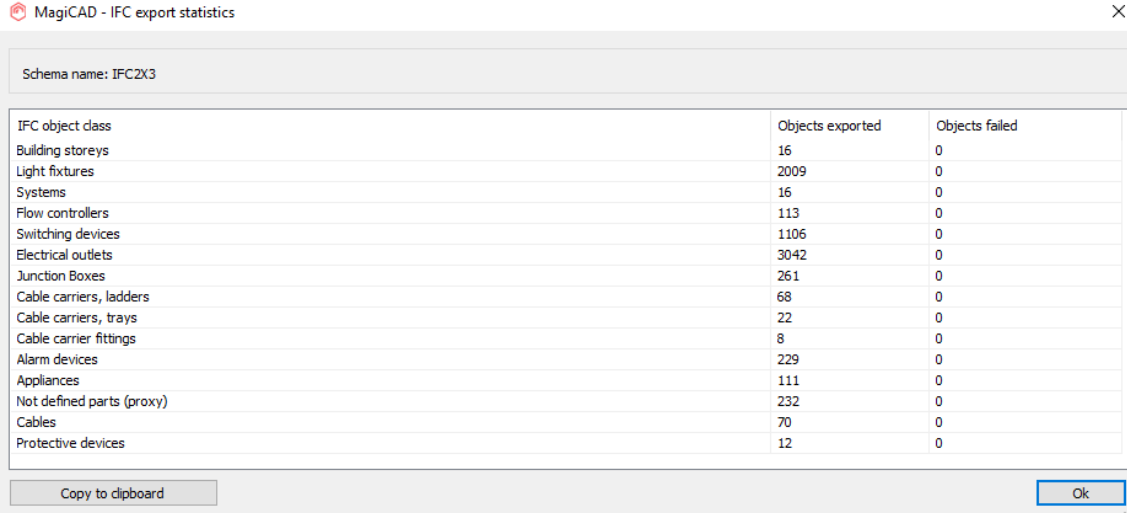


*KUVA 8. Yhdistelmämalli, jossa on piilotettuna seinät, ovet ja ikkunat visuaalisuuden takia.*

## 5.1 IFC-mallin luominen

MagiCAD-ohjelmalla IFC-mallin luominen on helppoa, kunhan tasopiirustukset on tehty alusta asti oikein, eikä missään vaiheessa ole oiottu. Tärkeintä tietomallin luomisessa yhdistelmämallia silmällä pitäen on se, että koordinaatit ovat samat kuin kaikilla muilla, jotta tietomallit ovat yhteensopivia ja oikeissa kohdissa. Taulukossa 2 on esitetty ohjelman antama raportti IFC-mallissa olevista objekteista.

*TAULUKKO 2 MagiCAD-ohjelman antamat tiedot IFC-mallissa olevista objekteista.*

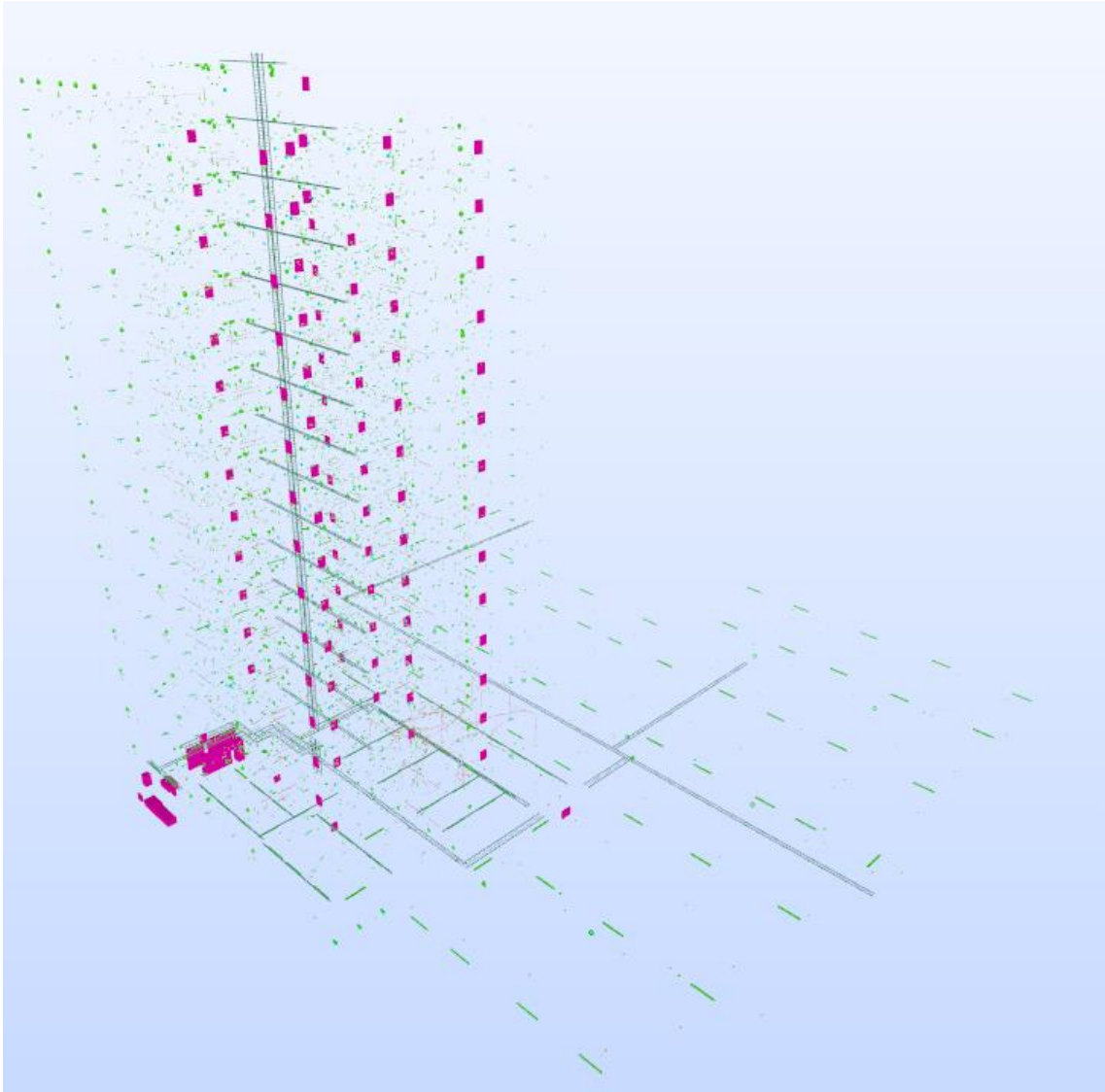


The image shows a screenshot of the 'MagiCAD - IFC export statistics' dialog box. It has a title bar with a red icon and a close button. The main area contains a table with three columns: 'IFC object class', 'Objects exported', and 'Objects failed'. The table lists various IFC object classes and their corresponding counts. At the bottom, there are two buttons: 'Copy to clipboard' and 'Ok'.

IFC object class	Objects exported	Objects failed
Building storeys	16	0
Light fixtures	2009	0
Systems	16	0
Flow controllers	113	0
Switching devices	1106	0
Electrical outlets	3042	0
Junction Boxes	261	0
Cable carriers, ladders	68	0
Cable carriers, trays	22	0
Cable carrier fittings	8	0
Alarm devices	229	0
Appliances	111	0
Not defined parts (proxy)	232	0
Cables	70	0
Protective devices	12	0

Kun tietomalli on saatu luotua, voidaan sitä esikatsella esimerkiksi Solibri Model Viewer -ohjelmalla, kuten kuvassa 9 on esitetty. MagiCAD-ohjelman luoma tietomalli sijoittaa tasopiirustuksiin piirretyt komponentit niihin kerroksiin ja korkoihin, mihin ne on ohjelmassa määritetty. Täten saadaan tietomalli, joka on yhteensopiva muiden suunnittelijoiden suunnitelmien kanssa.





*KUVA 9. IFC-malli sähkösuunnitelmista Solibri Model Viewer- ohjelmalla esitettyä.*

## **5.2 Yhteistyö muiden suunnitteluosapuolien kanssa**

Tietomallinnuksessa yhteistyö muiden suunnittelijoiden kanssa nousee suurempaan osaan kuin perinteisessä suunnittelussa. Jo suunnitteluvaiheessa täytyy osapuolien käsitellä mallinnukseen liittyvät haasteet, kuten korkojen asettelu. Vaikka tämä vaatii suunnitteluvaiheelta enemmän, joka taas luo lisäkustannuksia suunnitteluun, vähentää se loppujen lopuksi hankkeen kokonaiskustannuksia.

Suunnitteluosapuolien tulee aktiivisesti jakaa tietoa omista suunnitelmistaan ja pitää ne ajan tasalla niin sanotussa projektipankissa. Tällä tavoin pystyvät kaikki

suunnittelijat pitämään omat suunnitelmansa toimivina kokonaisuuksina sekä vältetään virheellisten suunnitelmien tuottamista. Suunnitteluvirheet aiheuttavat todella suuren osan rakennushankkeen aikana syntyvistä lisä- ja muutostöistä, joten olisi tärkeää myös tilaajan kannalta, että näiltä kustannuksilta välttyttäisiin.

## 6 POHDINTA

Työn tavoitteena oli perehtyä nykyaikaisen suunnittelun tulevaisuuden tarpeisiin ja sähkösuunnitteluun yleisesti. Näihin tavoitteisiin päästiin hyvin ja varsinkin työn kirjallinen osa ja raportointi auttoivat syventämään tietoa tavoitelluilta osa-alueilta. Työn tuotoksena saatiin toimivat suunnitelmat Lipporanta E:n toteutuksesta, joka oli myös yhtenä työn tavoitteina.

Työ onnistui mielestäni erittäin hyvin ja työn tilaajakin oli tyytyväinen työni tuloksiin. Lisäksi se antoi erittäin hyviä työkaluja tulevaisuuden työtehtäviin.

Tärkeimpänä oppina opinnäytetyön aiheesta oli tietomallinnuksen ominaisuuksien hyödyntäminen sekä myös siihen liittyvien haasteiden käsitteleminen. Tästä esimerkkinä voidaan pitää sitä, että välittömästi työtä aloitettaessa alettiin yrityksessä käyttää tietomalleja hyväksi esimerkiksi asentajien ohjeistamiseen.

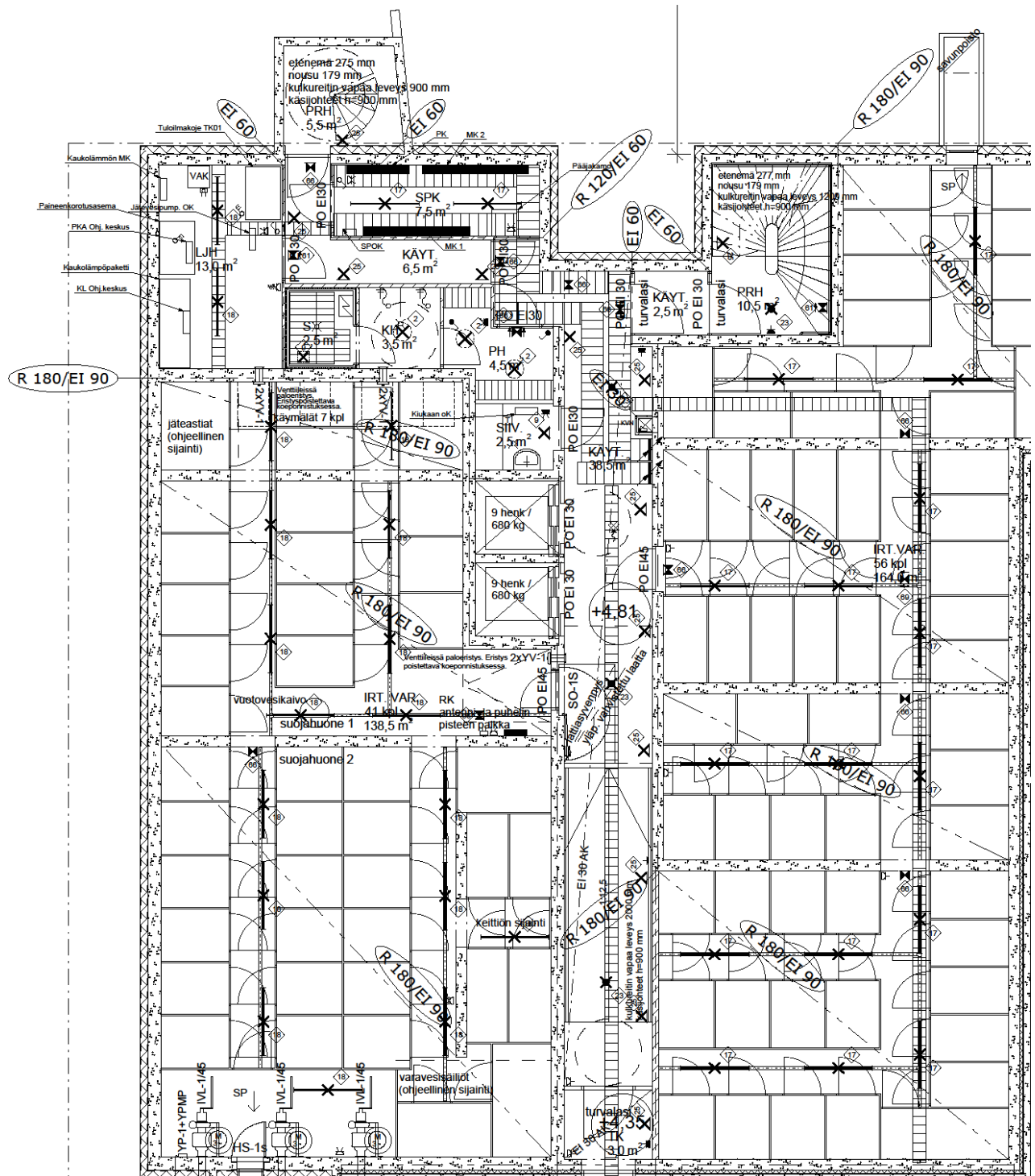
Työn aikana huomattiin, että suunnittelijoilta ja työntekijöiltä vaaditaan huomattavan paljon enemmän tietoteknistä osaamista kuin ennen, mutta vaikka talotekniset järjestelmät sekä suunnittelu menevät eteenpäin, on siellä edelleen ne samat peruselementit. Suunnittelijoilta vain vaaditaan nykyään enemmän huolellisuutta ja tarkkuutta, koska enää ei riitä, että suunnitelmassa olevat objektit ovat kaksikulotteisesti oikealla paikalla vaan ne pitää sijoittaa myös korkojen osalta oikeaan paikkaan.

Kaiken kaikkiaan työn tuotoksista ja työhön liittyvästä tiedonhausta voidaan todeta, että nykyään sähkösuunnittelulta vaaditaan tarkkuuden ja huolellisuuden lisäksi entistä parempaa yhteistyötä ja kommunikointia eri suunnitteluosapuolien kesken.

## LÄHTEET

1. Saimaan ammattikorkeakoulu 2014. Tietomallinnuksen käyttömahdollisuudet ja tulevaisuus rakentamisessa. Saatavissa: <https://www.saimia.fi/toka/docs/tokatuloksettimolehtoviit.pdf>. Hakupäivä 8.4.2018.
2. Karstila, Kari 2004. Rakennusten tuotemallintamisen sanasto. Saatavissa: [http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset\\_tulokset/proit\\_sanasto\\_v10.pdf](http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset_tulokset/proit_sanasto_v10.pdf). Hakupäivä 20.3.2018.
3. Building Smart Finland 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015. Saatavissa: [http://infrabim.fi/yiv-2015/YIV2015\\_Mallinnusohjeet\\_OSA2\\_Yleiset\\_Vaatimukset\\_V\\_1\\_0.pdf](http://infrabim.fi/yiv-2015/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA2_Yleiset_Vaatimukset_V_1_0.pdf). Hakupäivä 8.4.2018.
4. Wise Group Finland Oy 2018. Rakennushankkeen suunnittelu tietomallintamalla. Saatavissa: [http://www.wisegroup.fi/sites/default/files/attachment/wisegroup\\_tietomallinnusesite\\_www\\_0.pdf](http://www.wisegroup.fi/sites/default/files/attachment/wisegroup_tietomallinnusesite_www_0.pdf). Hakupäivä 20.3.2018.
5. Progman Oy 2018. LVIS-sovellukset. Saatavissa: <https://www.magicad.com/fi/lvis-sovellukset/>. Hakupäivä 3.4.2018.
6. Progman Oy 2018. MagiCAD Electrical. Saatavissa: <https://www.magicad.com/fi/lvis-sovellukset/magicad-electrical/#magicad-for-autocad>. Hakupäivä 3.4.2018.
7. Progman Oy 2018. MagiCAD Circuit Designer. Saatavissa: <https://www.magicad.com/fi/lvis-sovellukset/magicad-circuit-designer/#magicad-for-autocad>. Hakupäivä 3.4.2018.
8. Rakennustieto Oy, RAKLI ry, Rakennustietosäätiö RTS 2017. ST 41.10 Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE 2018. Sisäinen lähde. Saatavissa: <https://severi.sahkoinfo.fi/item/461?search=hankesuunnittelu>. Haku-päivä 15.3.2018

9. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2018. Asennus- ja käyttöönotto. Saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/Sahkolaitteistot/Asennus-ja-kayttoonotto/>. Hakupäivä 8.4.2018.
10. Suomen toimitila- ja rakennuttajaliitto RAKLI Ry 1998. Rakennusurakan yleiset sopimusehdot. Saatavissa: <https://www.urakkamaailma.fi/rakennusurakan-yleiset-sopimusehdot>. Hakupäivä 8.4.2018.
11. Sähkötieto Ry 2015. ST 13.31 Rakennuksen sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen. Sisäinen lähde. Saatavissa: <https://severi.sahkoinfo.fi/item/420?search=13.31>. Hakupäivä 3.4.2018.
12. Sähkötieto Ry 2015. ST 25.21 Sähköinen varustetaso asuinkerrostalossa ja kerrostaloasunnossa. Sisäinen lähde. Saatavissa: <https://severi.sahkoinfo.fi/item/444?search=ST%2025.21>. Hakupäivä 3.4.2018.
13. Sisäasiainministeriö 2005. Sisäasiainministeriön asetus rakennusten poistumisreittien merkitsemisestä ja valaisemisesta. Saatavissa: [http://www.pelastustoimi.fi/download/40014\\_smn-asetus-805-2005-muistio\\_061005.pdf?1137792e0f5bd488](http://www.pelastustoimi.fi/download/40014_smn-asetus-805-2005-muistio_061005.pdf?1137792e0f5bd488). Hakupäivä 8.4.2018.
14. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2017. Kylpyhuoneen sähköasennusten uusiminen. Saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/Sahkolaitteistot/kylpyhuoneen-sahkoasennukset-kaytanto/>. Hakupäivä 7.4.2018.
15. Sähkötieto Ry 2003. ST 51.22 Kytkimien, pistorasioiden yms. sijoitus. Saatavissa: <https://severi.sahkoinfo.fi/item/529?search=st%2051.22>. Hakupäivä 7.4.2018.
16. Viestintävirasto 2018. Määräys kiinteistön sisäverkoista ja teleurakoinnista. Saatavissa: [https://www.viestintavirasto.fi/attachments/maaraykset/M\\_65\\_C\\_2018.pdf](https://www.viestintavirasto.fi/attachments/maaraykset/M_65_C_2018.pdf). Hakupäivä 7.4.2018.
17. Granlund Oy 2018. Yhdistelmämallit. Saatavissa: <http://www.granlund.fi/palvelut/suunnittelu/tietomallinnus/yhdistelmamallit/>. Hakupäivä 3.4.2018.



		Nro	Kuvausteksti	Teho kW	Sulake	Kaapeli		
		00	INDUKSIJDHTO MK:Ifa			MMJ 5x6 S		
		1	LIESI		16	MMJ 5x2,5 S		
		2	KUUS		10	MMJ 5x1,5 S		
		3	PALOVARTITIN		10	MMJ 3x1,5 S		
		4	PESUKONE PR		16	MMJ 3x2,5 S		
		5	KUIVAUSRUMPU PR		16	MMJ 3x2,5 S		
		6	PISTORASIA IT-OSA		16	MMJ 3x2,5 S		
		7	VALAISTUS		10	MMJ 3x1,5 S		
		8	VALAISTUS		10	MMJ 3x1,5 S		
		9	VARA					
		10	KEITTIÖN PR.		16	MMJ 3x2,5 S		
		11	APK		16	MMJ 3x2,5 S		
		12	VARA		10			
		13	VALAISTUS		10	MMJ 3x1,5 S		
		14	VARA		10			
HUUTOS		SÄÄLTÖ AS OY OULUN LIPPORANTA E-TALO LIPPORANNANTIE 13 90500 OULU RK A4			SÄHKÖ		KESKUS RK A4	LOFTI Z / 2
SUUNN. SP	PIRT.				TYÖ NRO 6594	PER NRO 6591-A-07	MUUTOS	
					PÄIVÄYS 7.3.2018			

